UNIVERSITE DE PARIS 6
FACULTE DE MEDECINE SAINT-ANTOINE

Année 1973 N°

51

THESE

POUR LE DOCTORAT EN MEDECINE
(Diplôme d'Etat)

PAR

Patrick LE BOZEC

né le 4-8-1943

Présentée et soutenue publiquement le

LE MICRO CATHETERISME CARDIAQUE PAR VOIE OMBILICALE CHEZ LE NOUVEAU-NE : Technique et indications

---

Président du Jury : Mr le Professeur LESTRADET

UNIVERSITE DE PARIS 6
FACULTE DE MEDECINE SAINT-ANTOINE

Année 1973 N°

THESE

POUR LE DOCTORAT EN MEDECINE
(Diplôme d'Etat)

PAR

Patrick LE BOZEC

né le 4-8-1943

Présentée et soutenue publiquement le

LE MICRO CATHETERISME CARDIAQUE PAR VOIE OMBILICALE CHEZ LE NOUVEAU-NE : Technique et indications

---

Président du Jury : Mr le Professeur LESTRADET

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

CORPS PROFESSORAL

Année 1972 - 1973

DOYENS HONORAIRES : Professeur J. BERNARD, Professeur J.J. BERNIER

PROFESSEURS HONORAIRES : M. AUBRY, C. LAUNAY, R. WORMS.

Doyen : Professeur Et. FOURNIER

PROFESSEURS

Dermatologie

G. DEGOS	Prof. de Clinique des maladies cutanées et syphilitiques
F. DUPERRAT	Prof. de Dermatologie
J. CIVATTE	Prof. Agrégé
A. PUISSANT	Prof. Agrégé
S. BELAICH	Prof. Agrégé

Rhumatologie

S. DE SEZE	Prof. de Clinique Rhumatologique
A. RYCKEWAERT	Prof. Agrégé
M. KAHN	Prof. Agrégé
A. DRYLL	Prof. Agrégé

Gastro-Entérologie

J.J. BERNIER	Prof. De Clinique gastro-entérologique
J.P. FERRIER	Prof. Agrégé
J.C. RAMBAUD	Prof. Agrégé

Endocrinologie

J. CANIVET	Professeur
G. CATHELINEAU	Prof. Agrégé

Médecine

D. KUNTZ	Prof. Agrégé
J. ROUFFY	Prof. Agrégé

Chirurgie

J. PERROTIN	Prof. de Pathologie Chirurgicale
P. HAUTEFEUILLE	Prof. Agrégé

Orthopédie, traumatologie, Chirurgie Plastique

P. BANZET	Prof. Agrégé
J. WITWOET	Prof. Agrégé

Neuro-chirurgie

R. HOUDART	Professeur
J. COPHIGNON	Prof. Agrégé

Hematologie

J. BERNARD	Prof. de Clinique des maladies du sang
J. DAUSSET	Prof. d'Immunologie-Hématologie
M. BOIRON	Professeur
M. SELIGMANN	Professeur
Y. NAJEAN	Prof. sans chaire
J. CAEN	Prof. Agrégé
J. COLOMBANI	Prof. Agrégé
C. JACQUILLAT	Prof. Agrégé
G. SCHAISON	Prof. Agrégé

Cardiologie

Y. BOUVRAIN	Prof. de Clinique Cardiologique
J.J. WELTI	Prof. sans chaire
H. SLAMA-CHALOUM	Prof. Agrégé
G. MOTTE	Prof. Agrégé
R. GOURGON	Prof. Agrégé

Thérapeutique

M. LAMOTTE	Prof. de clinique Thérapeutique
J.M. SEGRESTAA	Prof. Agrégé

Toxicologie

M. GAULTIER	Prof. de Clinique Toxicologique
P. GERVAIS	Prof. Agrégé

Médecine Légale

E. FOURNIER	Prof. de Médecine légale & Toxicolo.
M.L. EFTHYMIOU	Prof. Agrégé

Pathologie Expérimentale

F.P. MERKLEIN	Prof. de Path. Expér.
F. COTTENOT	Prof. sans chaire

Parasitologie

M. LARIVIERE	Professeur

Neurologie
D. PEPIN Prof. sans chaire

Psychiatrie adulte
A. GORCEIX Prof. Agrégé

Psychiatrie infantile
M. DUGAS Prof. Agrégé

Pédiatrie
H. LESTRADET Prof. sans chaire
B. LABRUNE Prof. Agrégé

Gynécologie Obstétrique
P. MORIN Professeur
P. ENGELMANN Prof. Agrégé

Urologie
C. CHATELAIN Prof. Agrégé

Oto-Rhino-Laryngologie
P. PIALOUX Prof. de Clinique d'Oto-Rhino-Laryngologie
G. FREYSS Prof. Agrégé

Pneumo-Phtisiologie
L. ISRAEL Prof. Agrégé

Ophtalmologie
M. FONTAINE Prof. Agrégé

Histologie
J. LAVEDAN Prof. sans chaire
M. MAILLET Prof. Agrégé
C. BOUTON Chargé de cours

Psychologie
L. MOOR Chargé de cours

Anatomie-pathologique
J. ROUJEAU Professeur
N. CHELLOUL Prof. Agrégé

Bactériologie
Y. PEROL Prof. Agrégé

Anesthésiologie
J.F. MONTAGNE Prof. Agrégé
E. ECHTER Prof. Agrégé

Radiologie
M. LAVAL-JEANTET Prof. Agrégé
M.C. PLAINFOSSE Prof. Agrégé
R. DJINDJIAN Prof. Associé

Pharmacologie
P. LECHAT Professeur

Biophysique
A. DJOURNO Prof. de Physique médicale
M. BURGEAT Prof. Agrégé
M. DUVELLEROY Prof. Agrégé

Physiologie
A. TEILLAC Prof. Sans chaire
J.P. MARTINEAUD Prof. sans chaire
H. MAMO Prof. Agrégé

Biochimie
R. BOURRILLON Professeur
P. TIOLLAIS Prof. Agrégé
Y. GOUSSAULT Chargé de cours

Anatomie
J.P. LASSEAU Prof. Agrégé

MEDECINS, CHIRURGIENS & SPECIALISTES DES HOPITAUX

M. BARCAT Jean - BENNET Jean - CALVET Jean - CHARLEUX Henri - COUINAUD Claude - DESPREZ-CURELY Jean-Paul - DUBOST Claude - IRIEZ Pierre - de GRACIANSKY Pierre - RENET Pierre - HELIE Jules - HERRAULT André - LABAYLE Jean-André - LANCE Marcel - AROCHE Jean-François - MARIE René - MAY Jean-Pierre - PESTEL Maurice - RICHARD laude - SARAUX Henri - VIGNAUD DUPUY de ST-FLORENT Georges.

DIRECTEURS D'ENSEIGNEMENT CLINIQUE

M. ACCARD Jean-Loup - ALBERTINI Frédéric - BARDIAUX Maurice - BENAD - BERTRAND Y. BERTRAND Y. - BITOUN Georges - CALLEROT Louis - Mme CHAIGNEAU Helène - DES-OSSES Louis - DURAND Claude - ELBAZ Pierre - ELIACHAR Edouard - FERREZ Bernard - ANEM Jean - Mme GIACOMINI Thérèse - MM. GOUDAL Henri - GRUPPER Charles - HUGUET ean-Claude - KALMASON Daniel - LEFEVRE Lucien - LOGEAY René - LIBESKING Marcel - ARTIN - DUPRAY Daniel - MARTINETTI J. - Mme MAY Vera - MM. MAZZA Roger - MIKOL rançois - NEHLIL Jacques - PARIENTE Philippe - PARIENTE Maurice - PASQUIER Pierre - ERET Jean-Marie - ROUCHON Claude - SCHWEICH Michel - SIGAL Simon - SUCHESTOW - SU-HET Adolphe- TINTHOIN Jean-François - VANTELON Jacques - DE VERBIZIER J. - VERGNON . - VIGUIE Roger - Mme MIMENES Geneviève.

A MA FEMME

A MON FILS

A MES PARENTS,

En témoignage de ma reconnaissance

A TOUTE MA FAMILLE

A TOUS MES AMIS.

A NOTRE PRESIDENT DE THESE

Monsieur le Professeur H. LESTRADET

Nous avons toujours été séduit par l'étendue de vos connaissances et nous vous remercions de la bienveillance que vous nous avez témoignée.

Nous vous prions de trouver ici l'assurance de notre profonde reconnaissance et de notre respect.

A NOS JUGES

Vous nous avez fait l'honneur d'accepter de juger ce travail.

Nous vous prions de trouver ici l'expression de notre plus respectueuse gratitude.

A Monsieur le Professeur E. ECHTER

Professeur Agrégé d'Anesthésiologie et Réanimation

Depuis un an et demi que j'ai le privilège d'être compté parmi vos élèves, j'ai pu bénéficier de l'étendue de vos connaissances et de la clarté de l'enseignement que vous me prodiguez.

Qu'il me soit permis de vous assurer de ma vive gratitude et de mon profond respect.

SOMMAIRE

- INTRODUCTION

- HISTORIQUE

- MATERIEL

1) Le micro-cathéter

2) L'électro-manomètre

3) Système d'enregistrement

- TECHNIQUE du MICRO CATHETERISME par la VEINE OMBILICALE CHEZ LE NOUVEAU NE

A - Les chiffres de pression physiologique au cours de la période néo-natale

. Le groupe des sujets témoins : 11 cas

. Evolution des pressions dans les cavités cardiaques au cours de la période néo-natale.

B - Les cas pathologiques

. Enfants atteints de détresse respiratoire : 7 cas

. Enfants atteints de cardiopathie congénitale : 7 cas

- TAUX DE REUSSITE ET INCIDENTS

- CONCLUSION

- BIBLIOGRAPHIE.

INTRODUCTION

Depuis plusieurs années, le cathétérisme cardiaque par voie droite, avec angio-cardiographie, peut être appliqué chez le nouveau-né et même chez le prématuré.

Cependant, les difficultés techniques sont très importantes; et les indications de cathétérisme restent limitées aux seuls nouveau-nés présentant un tableau clinique évocateur de cardiopathie congénitale, le plus souvent suffisamment grave pour faire discuter la réalisation d'une intervention chirurgicale cardio-vasculaire à court terme.

Par contre, lorsque l'état de l'enfant le permet, la réalisation du cathétérisme est, dans la mesure du possible, différée, afin de pratiquer cet examen délicat dans des conditions techniques moins difficiles.

Depuis la mise au point de la technique du micro-cathétérisme par GRANDJEAN chez l'adulte, plusieurs auteurs ont eu l'idée d'appliquer cette technique à l'enfant et au nouveau-né, étant donné la simplicité de cette technique, et le peu de matériel qu'elle exige.

D'autre part, la persistance de la perméabilité de la veine ombilicale pendant les premiers jours de la vie, assure théoriquement un accès veineux de bon calibre à la veine cave inférieure et à l'oreillette droite.

On dispose ainsi d'une voie d'abord facile à utiliser, ne nécessitant pas une dénudation chirurgicale ou une ponction veineuse per-cutanée. Enfin, la veine ombilicale doit s'obturer normalement après quelques jours de vie.

L'application du micro-cathétérisme par voie ombilicale chez le nouveau-né se heurte à de nombreux problèmes techniques, pour la solution desquels desquels nous avons pu bénéficier de l'expérience acquise en réanimation adulte et dans les Services de Cardiologie générale, ainsi que de l'expérience des auteurs qui ont travaillé plus particulièrement sur le nouveau-né, notamment P. VIART en Suisse et D. WILLARD à Strasbourg.

Après un bref rappel historique, nous envisageons dans notre travail les problèmes posés par le matériel et la technique du micro-cathétérisme par voie ombilicale à la période néo-natale ; puis nous présentons les résultats des 25 micro-cathétérismes que nous avons pratiqués :

- Dans 11 cas, chez des enfants ne présentant pas de pathologie cardio-vasculaire;

- Dans 7 cas, chez des nouveau -nés présentant une détresse respiratoire ;

- Dans 7 cas, chez des enfants porteurs d'une cardiopathie congénitale.

HISTORIQUE

Le cathétérisme cardiaque fut inauguré voilà un siècle, presque simultanément au niveau des cavités cardiaques droites et gauches.

En 1861, CHAUVEAU et MAREY présentèrent devant l'Académie des Sciences les premiers enregistrements hymodynamiques de l'oreillette et du ventricule droits obtenus chez le cheval.

En 1859, RUCKEBUSCH a publié dans la "Presse Médicale" des tracés intra-ventriculaires droits et gauches datés de décembre 1859 et retrouvés au laboratoire de l'Ecole Vétérinaire de Lyon.

En 1869 BOUILLAUD-GRISOLLE, BECLARD et GAVARET confirment l'exactitude des tracés de 1861 devant l'académie Impériale de Médecine. Le mémoire présenté par les mêmes auteurs en 1863 décrit avec précision la technique permettant chez le cheval d'atteindre le ventricule droit à partir de la jugulaire et le gauche depuis lacarotide.

C'est en 1905 que le cathétérisme vasculaire à la fois artériel et veineux fut appliqué à l'homme grâce à BLEICHRODER qui poussa une sonde jusqu'au creux axillaire à partir des veines du bras ; ce même auteur atteignit la veine cave inférieure à partir de la fémorale, puis les artères iliaques, en introduisant sa sonde dans l'artère fémorale. Les essais avaient pour objet d'amener un antiseptique "in situ" lors de la fièvre puerpérale.

En 1929, ces diverses tentatives sont tombées dans l'oubli, lorsque l'urologue allemand FORSSMANN reprend le cathétérisme des veines du bras et réussit sur lui-même à guider la sonde jusque dans l'oreillette droite.

Les années 1943-1944 virent simultanément COURNAND, LENEGRE, MAC-MICHAEL franchir la tricuspide humaine. Le premier artério gramme pulmonaire fut enregistré par COURNAND en 1945, DEXTER parvint l'année

suivante à bloquer une sonde dans le "capillaire pulmonaire".

Les travaux marquent l'avènement du cathérétisme en tant que méthode d'exploration cardio-pulmonaire.

Il s'agissait de pousser sous contrôle radioscopique une sonde d'assez gros diamètre après dénudation veineuse.

LIMITES

Cependant, cette technique a ses limites en particulier celle d'interdire toute étude hémodynamique prolongée ou répétée sans sacrifier simultanément plusieurs troncs veineux aux membres supérieur et inférieur.

Enfin, les incidents et accidents sont nombreux, que nous pourrons diviser en 5 grands groupes.

1 - Incidents veineux

Les manipulations trops brutales de la sonde, trop fréquentes, avec une anesthésie locale insuffisante, peuvent déclencher un spasme veineux qui immobilise la sonde un long moment.

2 - Perturbation électrocardiographique

a) Troubles du rythme : des extrasystoles auriculaire ou ventriculaire surviennent électivement lorsque la sonde traverse l'oreillette droite, la tricuspide ou l'infundibulum pulmonaire.

Bradycardiessinusale ou nodale s'observent chez l'enfant trop prémédiqué.

b) Troubles de la conduction : allongement temporaire de l'espace PR s'observant lors du passage de la tricuspide.

bloc incomplet ou complet de la branche droite se voyant fréquemment lorsque l'extrémité de la sonde heurete le cône artériel ; cette modification du tracé électrique ne persiste qu'excep-

tionnellement au-delà de quelques heures.

c) Troubles de la repolarisation : des courants de lésions sous-endocardiques s'inscrivent lorsque la sonde s'appuie sur l'endocarde.

3 - O. A. P. : Exceptionnel

4 - Choc :

Conséquence d'une perfusion contenant des produits pyogènes : la fièvre s'installe au cours du cathétérisme accompagnée de frissons et de pâleur.

5 - Accident tardif :

Clocher thermique habituel le lendemain, le plus souvent sans conséquence.

Devant les limites de cet examen, des recherches furent entreprises pour y pallier ; ainsi à partir de 1949, en particulier par FITZ PATRICK, fut mis au point la technique du microcathétérisme en utilisant de fines sondes en polyéthylène capables de "flotter" dans les vaisseaux et d'être entraînée passivement par la seule action du courant sanguin, dans les cavités cardiaques droites et l'artère pulmonaire, la sonde étant introduite dans une veine du bras par simple ponction veineuse.

Cette technique suggérée et ralisée depuis longtemps par les Angli-saxons ne s'est vraiement généralisée en France, en recherche cardiologique adulte, que depuis 1966, date à laquelle GRANDJEAN mit au point un cathéter avec une chaîne manométrique simplifiée.

INTERET DE LA TECHNIQUE

L'avantage essentiel tient à facilité d'emploi et à sa parfaite inocuité.

a) Traumatisme insignifiant pour le malade, la veine n'étant ni denudée ni liée, mais simplement ponctionnée, ceci étant d'ailleurs rendu indolore par une anesthésie locale.

Entrepris par voie percutanée, le procédé ne lèse pas la veine d'accès qui demeure ainsi disponible pour d'autres examens : par ailleurs même lorsque le micro tube est laissé en place plusieurs jours, la perfusion permet très généralement de garder la veine perméable.

b) Par rapport au cathétérisme classique qui comporte dans un peu moins de 10 % des cas des troubles du rythme (extra-systoles exclus) des états du chox, un spasme veineux, une agitation, la différence est flagrante : seule la situation intra-ventriculaire du microcathéter donne des extra-systoles isolées ainsi que parfois des blocs de branche dont la constatation immédiate sur l'écran de l'oreilloscope permet de les faire disparaître en déplaçant un peu la sonde, avant même que le malade n'en retire une impression désagréable.

Ces avantages ont trois conséquences :

1) La remarquable inocuité rend le microcathétérisme praticable même chez le malade gravement atteint (infarctus récent du myocarde, myocardite aiguë, embolie pulmonaire récente etc..) chez lesquels le cathétérisme cardiaque conventionnel aurait été dangerux voire contre-indiqué : il en résulte un certain nombre de maladies cardio-vasculaires jusqu'à présent

rarement étudiées qui pourront l'être plus en détail.

2) La répétition possible des explorations hémodynamiques à plusieurs semaines ou moins d'intervalle permettant de suivre objectivement l'évolution hémodynamique d'une cardiopathie.

3) En raison de l'absence d'un contrôle radiologique, le procédé est plus facilement accessible. Le microcathétérisme permet certaines utilisations du cathétérisme incompatibles ou difficilement réalisables avec la technique habituelle :

1. En enregistrant des pressions lors d'épreuves d'effort : une fois la sonde en place, le patient peut se lever, se déplacer, mobiliser bras et jambes sans aucun risque.

2. Analyse simultanée des tracés de pression et d'un phonocardiogramme ou de mécanogramme.

3. Surtout surveillance en continue de la pression artérielle pulmonaire des malades graves, notamment d'embolies pulmonaires et d'infarctus myocardiques dans les premiers jours de leur évolution.

Il en résulte qu'un certain nombre de maladies cardio-vasculaires, jusqu'à présent rarement étudiées par cathétérisme cardiaque pourront l'être plus en détail.

MATERIEL

L'ensemble de l'équipement nécessaire pour la réalisation d'un micro-cathétérisme par voie droite comporte :

- le micro-cathéter ;
- l'électro-manomètre ;
- un système d'enregistrement.

I - LE MICRO-CATHETER

La caractéristique de tous les cathéters utilisés pour la réalisation de micro-cathétérismes, chez l'adulte et l'enfant, est d'être le plus fin et le plus flexible possible, afin d'être entraîné passivement par le courant sanguin depuis la veine cave inférieure dans l'oreillette droite puis le ventricule droit et si possible dans l'artère pulmonaire et l'une de ses branches.

Cependant, la lumière interne doit être suffisamment grande pour permettre des échantillonages sanguins répétés, sans risque de coagulation à l'intérieur de ce cathéter.

La transmission des pressions depuis la cavité cardiaque jusqu'à l'électro-manomètre de pression, crée une contrainte supplémentaire ; les variations de pression sont transmises par la colonne de liquide contenu dans le cathéter. Pour que la transmission s'effectue avec un minimum de déformation, les variations relatives du volume de la colonne liquide doivent être les plus faibles possible en fonction de la pression enregistrée, c'est-à-dire que sa compliance doit être la plus basse possible.

GRANDJEAN a utilisé un cathéter en polyéthylène (Pulmocath) long de 120 cm, dont les diamètres intérieur et extérieur sont respectivement de 0,60 mm et 0,87 mm. La compliance de ce cathéter est inférieure à 6×10^{-6} cm^3 par mm Hg/cm. L'épaisseur de la paroi de ce cathéter est de 0,15 mm, ce qui donne une flexibilité suffisante. Enfin, le type de matériau utilisé, le polyéthylène, est très peu extensible à la température de 37°, ce qui évite des déformations entre le moment où le cathéter est mis en place (il se trouve alors à la température ambiante) et le moment où le cathéter se trouve dans les cavités cardiaques.

Ce micro-cathéter est très largement utilisé pour la réalisation de micro-cathétérisme chez l'adulte. Son utilisation chez le jeune enfant est surtout chez le nouveau-né, se heurte à des obstacles techniques.

Le micro-cathéter de GRANDJEAN, en effet, lorsqu'on l'introduit par la veine ombilicale, arrête de progresser lorsqu'il a atteint le sinus porte, dans lequel il tend à s'enrouler. Malgré des tentatives répétées, nous n'avons jamais réussi à passer avec un tel cathéter dans la veine cave inférieure par l'intermédiaire du canal d'Arantius.

Dans un premier temps, nous avons eu l'idée d'utiliser deux sondes, le micro-cathéter de GRANDJEAN d'une part, et une sonde veineuse ombilicale de fort calibre, du type de celle utilisée pour la réalisation d'exsanguino-transfusions. Ce type de cathéter ombilical veineux, de fort diamètre (F 8) dans lequel il est possible d'introduire le cathéter de GRANDJEAN, a condition de couper l'extrémité du cathéter sur environ 3 à 4 mm.

Cette technique nous a permis d'effectuer plusieurs micro-cathétérismes par voie ombilicale chez le nouveau-né, mais le nombre d'échecs a été très élevé (pratiquement 4 fois sur 5).

De plus, l'introduction du cathéter ombilical veineux dont l'extrémité avait été recoupée, se faisait difficilement et faisait craindre d'éventuelles lésions de la veine ombilicale et du sinus porte.

En cas d'échec avec ce type de matériel, nous avons utilisé simplement un cathéter artériel ombilical (Argyle) de taille F 5 ou F 3, 5, introduit isolément dans la veine ombilicale.

La flexibilité de ce cathéter est telle, que dans un cas sur trois, il est possible d'atteindre la veine cave inférieure par le canal d'Arantius. Dans 1 cas, ce cathéter a pu être passé de l'oreillette droite dans le ventricule droit, [illegible] et dans un autre cas, le cathéter était passé de l'oreillette droite dans l'oreillette gauche puis dans une veine pulmonaire.

Le cathéter artériel ombilical de type Argyle présente l'avantage d'être radio-opaque, ce qui permet son repérage soit avec un amplificateur de brillance, soit plus simplement grâce à des clichés simples thoraco-abdominaus. Cependant; sa flexibilité n'est pas encore suffisante puisqu'il a été possible de passer à contre-courant par le foramen ovale, un tel cathéter, de l'oreillette droite dans l'oreillette gauche.

Depuis 18 mois, nous avons utilisé le micro-cathéter Pulmoflex mis au point à Strasbourg par MESSER et VILLARD. Ce matériel est actuellement le seul existant qui ait été conçu spécifiquement pour le micro-cathétérisme chez le nouveau-né par voie ombilicale. Il comporte le micro-cathéter proprement dit et une sonde guide avec un dispositif obturateur anti-reflux.

a) Le micro-cathéter Pulmoflex a une longueur de 60 cm ce qui est largement suffisant étant donné que chez le nouveau-né, la distance entre l'orifice ombilical et l'oreillette droite et courte : un cathéter veineux ombilical, chez un enfant né à terme, me-

surant 50 cm, atteint le sinus porte au bout de 5 à 6 cm, la veine cave au bout de 7 à 8 cm, et se trouve dans l'oreillette droite à partir de 12 à 15 cm. Son diamètre extérieur est de 1 mm et son diamètre intérieur de 0,6 mm, il est radio-opaque ce qui permet un repérage facile. La portion terminale de ce micro-cathéter a été étirée au moment de l'usinage pour la rendre plus mince et plus flexible, sur une longueur de plusieurs centimètres. Le passage de la partie du micro-cathéter de diamètre normal, à la portion rétrécie et plus souple, se fait par un étranglement en "col de sablier". Ce segment terminal est environ 10 fois plus flexible que celui d'un micro-cathéter conventionnel. Cet artifice rend le passage beaucoup plus facile depuis l'oreillette dans le ventricule droit, l'extrémité du cathéter tendant à être entraînée par le courant sanguin à travers la valvule tricuspide.

b) La sonde-guide externe Plasticath a une longueur de 20 cm, un diamètre extérieur de 2 mm et un diamètre intérieur de 1,5 mm, ce qui rend facile l'introduction du micro-cathéter Pulmoflex à travers cette sonde-guide. Cette sonde-guide, qui ressemble à un cathéter ombilical veineux du type de ceux utilisés pour les perfusions ou les exsanguino-transfusions, est mise en place de telle sorte que son extrémité se situe dans le canal d'Arantius ou au delà dans la veine cave inférieure. Son rôle est de guider la microsonde à travers le sinus porte depuis la veine ombilicale jusque dans le canal d'Arantius, et d'éviter que le micro-cathéter, du fait de sa finesse et de son extrême flexibilité, emprunte un trajet aberrant : en particulier dans l'une des branches du sinus porte.

Par ailleurs, l'utilisation d'une sonde-guide limite l'hémorragie autour du micro-cathéter introduit isolément dans la veine ombilicale, dont le diamètre est 4 à 5 fois supérieur à celui du cathéter.

Pour éviter tout risque d'hémorragie, un dispositif obturateur anti-reflux est livré avec les deux sondes : il s'agit d'un petit tube en plastique, se vissant par procédé Luer-Lock à l'extrémité proximale de la sonde-guide, et percé d'un orifice laissant passer uniquement la micro-sonde : ceci permet d'éviter le reflux sanguin avec risque de thrombose, et d'autre part, une éventuelle embolie gazeuse lorsque la sonde-guide a été poussée jusque dans la veine cave en position sus-diaphragmatique : la baisse de pression intra-thoracique en fin d'inspiration peut en effet créer une véritable aspiration d'air et une embolie gazeuse à partir de la veine cave inférieure.

II - L'ELECTRO-MONOMETRE

Les variations de pression des différentes cavités cardiaques, transmises par la colonne de liquide contenue à l'intérieur du cathéter, sont transformées en un signal électrique enregistrable par l'intermédiaire d'un capteur de pression et d'un électro-manomètre.

Le capteur de pression, habituellement utilisé pour le micro-cathétérisme, est soit la cellule Statham P 23 DB, soit la cellule Statham P 37. Chacune de ces deux cellules présente des avantages et des inconvénients respectifs. La cellule P 37 est d'un volume plus réduit et d'un maniement plus facile. Elle peut être fixée contre la paroi thoracique, à hauteur de l'oreillette, ou juste à côté de l'enfant. Son extrême sensibilité nécessite un réglage très précis du O.

La cellule P 23 DB est sans doute un peu moins sensible mais les problèmes de réglage sont moins complexes. Par ailleurs, cette cellule nous semble mieux adaptée lorsqu'une mesure de pression artérielle par voie ombilicale artérielle doit être effectuée en même temps que le micro-cathétérisme par voie veineuse ombilicale.

Dans ces deux cellules de pression, la membrane manométrique a une compliance très basse afin d'assurer une production de courbes de pression fidèles jusqu'à une fréquence de 40 hertz, malgré le calibre très fin du micro-cathéter.

Pendant la mesure, le système est perfusé grâce à du sérum glucosé à 5 % selon un dispositif de rinçage lent (0, 065 ml/minute, soit environ 4 ml/heure). Ce rinçage lent, destiné à empêcher le reflux de sang dans la micro-sonde, est rendu possible par le passage du sérum glucosé à travers un capillaire doseur. Il permet d'éviter une surcharge vasculaire, particulièrement dangereuse chez le nouveau-né, et autorise l'utilisation prolongée et ininterrompue de l'ensemble du montage pour une surveillance en continu des pressions, pour une durée de plusieurs heures ou de plusieurs jours, par exemple en phase post-opératoire. Par contre, ce système de perfusion continue induit une pression de perfusion de l'ordre de 4 à 5 mm, qui doit être re-mesurée à chaque examen et retranchée des valeurs de pression obtenues.

A intervalle régulier, un nettoyage du cathéter et des tubes de connexion, en particulier immédiatement après le prélèvement des échantillons sanguins, peut être effectué par l'intermédiaire d'un système de rinçage rapide (flush).

La cellule des pressions est raccordée à un électro-manomètre

qui va transformer le déplacement de la membrane manométrique en un signal électrique réglable, ce qui permet sa connexion avec n'importe quel type d'oscilloscope ou d'enregistreur.

III - LE SYSTEME D'ENREGISTREMENT

Pendant le micro-cathétérisme, la morphologie des courbes peut être appréciée directement sur un oscilloscope, ce qui permet, sans contrôle radiologique, de connaître la cavité sanguine ou cardiaque où se trouve l'extrémité du cathéter.

Nous disposons d'un oscilloscope à deux canaux sur lequel s'inscrivent l'E. C. G. et les courbes de pression. C'est l'aspect des courbes de pression lues sur l'oscilloscope qui permet de déterminer précisément la position du micro-cathétérisme et de commander l'enregistrement graphique.

Sur un écran gradué en mm de Hg, est affiché instantanément le chiffre de pression obtenu diastolique et moyenne instantanées.

Les enregisteurs utilisés habituellement sont de 4 types.

- les enregistreurs par plume chauffante sur papier carbone spécial sont caractérisés par une déformation de la morphologie des courbes, du fait de l'inertie trop importante de la plume.

- les enregistreurs à galvanomètre projecteur d'encre, ne présentent pas ce défaut mais le tracé de la courbe est moins net (un peu "tremblé"), ce qui peut gêner des mesures précises de pression.

- L'enregisteur idéal est certainement l'enregistreur photographique, que nous avons le plus souvent utilisé . Son inconvénient réside dans son manque de commodité (nécessité de développer la bande enregistrée en Laboratoire Photographique) et son prix de revient élevé. Par ailleurs, il n'est pas possible de contrôler la qualité des courbes lors du micro-cathétérisme.

- Nous avons utilisé, en dernier ressort, un enregistreur brush qui allie les qualités du galvanomètre à projection d'encre à la sensibilité du papier photographique. La morphologie des courbes obtenues est comparable à celle obtenue sur papier photographique, et il est possible de contrôler l'aspect des courbes lors de la réalisation du micro-cathétérisme.

TECHNIQUE DU MICRO-CATHETERISME PAR LA VEINE OMBILICALE CHEZ LE NOUVEAU - NE

La réalisation d'un micro-cathétérisme par voie ombilicale chez le nouveau-né, nécessite la collaboration de trois personnes :

- l'opérateur, qui met en place le cathéter et le mobilise
- un aide qui règle l'appareil enregistreur et procède aux enregistrements du tracé ;
- une infirmière, pour surveiller l'enfant (respiration, coloration cutanée) et pour donner les instruments en respectant les règles de la stérilité.

Le protocole de réalisation d'un micro-cathétérisme est habituellement le suivant :

- 1 heure à 1/2 heure environ l'examen, l'enfant est prémédiqué (THERALENE Gouttes ou GARDENAL injectable) ; en cas d'embombrement, une aspiration naso-pharyngée et bucco-pharyngée est effectuée ; un contrôle du pH et de la coagulation sanguine ont été effectués auparavant. En cas d'hypo-coagubilité, l'examen est différé.

- l'appareil enregistreur est branché 1 heure avant l'examen afin d'éviter des variations de différence de potentiel pendant l'enregistrement.

- Pour l'examen proprement dit, l'enfant est installé ainsi que pour un cathétérisme artériel ombilical : l'enfant est étendu sur le dos

sur la table de cathétérisme ; il est immobilisé par des menottes chirurgicales. Pour éviter une hypothermie, la pièce où se déroule le micro-cathétérisme a été chauffée auparavant, et l'enfant est placé sur un matelas chauffant, du moins s'il ne se trouve pas en incubateur.
Lorsqu'il s'agit d'un enfant de petit poids ou d'un prématuré, il est préférable de pratiquer l'examen, l'enfant restant dans l'incubateur.

Les électrodes sont fixées à la racine des membres et reliées à l'appareil enregistreur. On vérifie l'absence de parasites immédiatement, avant que les électrodes ne soient recouvertes par les champs stériles.

On procède à l'accord électrique du manomètre avec le zéro hydrostatique de l'enfant (niveau de l'oreillette droite), le réglage de ce zéro hydrostatique doit être fait le plus précisément possible afin d'obtenir une sensibilité et une fiabilité suffisante, notamment pour les pressions basses.

- La région ombilicale de l'enfant est largement désinfectée et on procède à la pose d'un champ stérile troué à usage unique, puis à la pose d'autres champs stériles qui éviteront toute faute d'aseptie pendant le micro-cathétérisme.

- Le cordon ombilical est tranché à l'aide d'un bistouri à une distance de la peau, variant de 1/2 à 1/4 de cm. La veine ombilicale est béante, de forme ovalaire, et saigne en nappe. Par contre, les artères ombilicales apparaissent comme deux petits cordons blanchâtres, dont le niveau de section dépasse la tranche de section du cordon ombilical de 1 à 2 mm.

Le repérage de la veine ombilicale est donc relativement aisé. On introduit, tout d'abord, la sonde-guide externe purgée préalablement avec du sérum hépariné. La sonde-guide externe est poussée à une profondeur de 7 à 8 cm de telle sorte que son extrémité se trouve dans la veine cave inférieure ou, au minimum, dans le canal d'Arentius. L'extrémité proximale de cette sonde-guide reste obturée par un petit bouchon stérile afin d'éviter une embolie gazeuse, surtout lorsque l'extrémité de la sonde arrive dans la veine cave inférieure.

- On visse alors, sur le bout proximal de la sonde-guide le dispositif anti-reflux et le micro-cathéter relié à l'appareil enregistreur est préalablement purgé et introduit.

Il faut veiller à ce que toutes les tubulures et les raccords soient parfaitement purgés : la moindre petite bulle d'air amortirait considérablement les tracés et donnerait des résultats de mauvaise qualité.

- L'opérateur fait progresser doucement le micro-cathéter qui ne doit pas rencontrer de résistance, si le micro-cathéter butte contre une paroi veineuse, elle est refoulée par un mouvement élastique au fur et à mesure que l'on essaie de la pousser. Il faut retirer légèrement la sonde et faire un nouvel essai ; si au contraire, on essaie d'enfoncer à force le cathéter, celui-ci ne risque pas de perforer une paroi veineuse du fait de sa souplesse, mais peut se couder dangereusement et former un noeud.

  Chez l'adulte, on s'aide, pour progresser, de manoeuvres respiratoires : on sait que l'on obtient de grandes variations du débit sanguin dans les veines centrales en créant des pressions intra-thoraciques alternativement très positives et très négatives.

  Chez le nouveau-né, on peut provoquer le cri qui favorise souvent la progression de la sonde.

- Au fur et à mesure de la progression, on observe le tracé des pressions sur l'oscilloscope. La courbe reste plate et voisine de 0 tant que l'extrémité du cathéter se trouve dans la veine cave inférieure. Dès que le cathéter se trouve dans l'oreillette droite, un premier enregistrement est effectué.

- Après prise d'un échantillon sanguin pour oxymétrie, le cathéter est poussé de 3 à 4 cm, tout en continuant à observer le tracé des pressions sur l'oscilloscope.

Le cathéter peut :

. Traverser l'oreillette droite puis s'engager dans la veine cave supérieure (en fait le flux sanguin provenant de la veine cave supérieure tent à le refouler).

. Passer dans l'oreillette droie par un foramen ovale perméable ou une communication inter-auriculaire (éventualité rare).

. "Boucler" puis passer dans le ventricule droit.

. Rester dans l'oreillette droite où il risque de s'enrouler sur lui-même et de former un noeud.

Le but recherché est d'enregistrer la pression du ventricule droit puis, si possible, de passer dans l'infundibulum pulmonaire, le tronc de l'artère pulmonaire et enfin, une branche de l'artère pulmonaire.

Du fait de son extrême souplesse, le cathéter ne peut pas être dirigé. Il faut le laisser flotter dans l'oreillette droite afin que son extrémité soit entraînée par le courant sanguin dans le ventricule droit.

L'extrémité amincie du micro-cathéter utilisé facilite cette manoeuvre.

En principe, le micro-cathétérisme s'effectue sans contrôle radiographique. Cependant, lorsqu'on enregistre une courbe difficile à interpréter, on peut préciser la situation du micro-cathéter, soit sous amplificateur de brillance, soit plus simplement en tirant un cliché après avoir rempli le micro-cathéter avec du produit de contraste (0,5 cm3 sont habituellement suffisants).

ANALYSE DE 25 MICRO-CATHETERISMES REALISES CHEZ LE NOUVEAU-NE par VOIE OMBILICALE

Nous avons pratiqué 25 micro-cathétérismes par voie ombilicale chez le nouveau - né. Les enfants se répartissent en deux groupes :

. Le premier groupe, le plus important en nombre, comporte 11 enfants pouvant être considérés comme sujets témoins. Il s'agissait d'enfants pour lesquels un cathétérisme ombilical veineux était indiqué, soit pour une exsanguino-transfusion, soit pour une perfusion de courte durée par voie ombilicale veineuse.

. Le deuxième groupe comprend des cas pathologiques :

- 7 nouveau-nés présentant une malformation cardiaque, pour lesquels le diagnostic a été confirmé soit par cathétérisme cardiaque classique avec angio-cardiographie, soit par autopsie.

- 7 enfants présentant des troubles respiratoires.

Les résultats des mesures de pression et les dosages oxymétriques ont été étudiés. En fait, les données les plus intéressantes sont celles qui ont trait aux mesures de pression et sont seules rapportées.

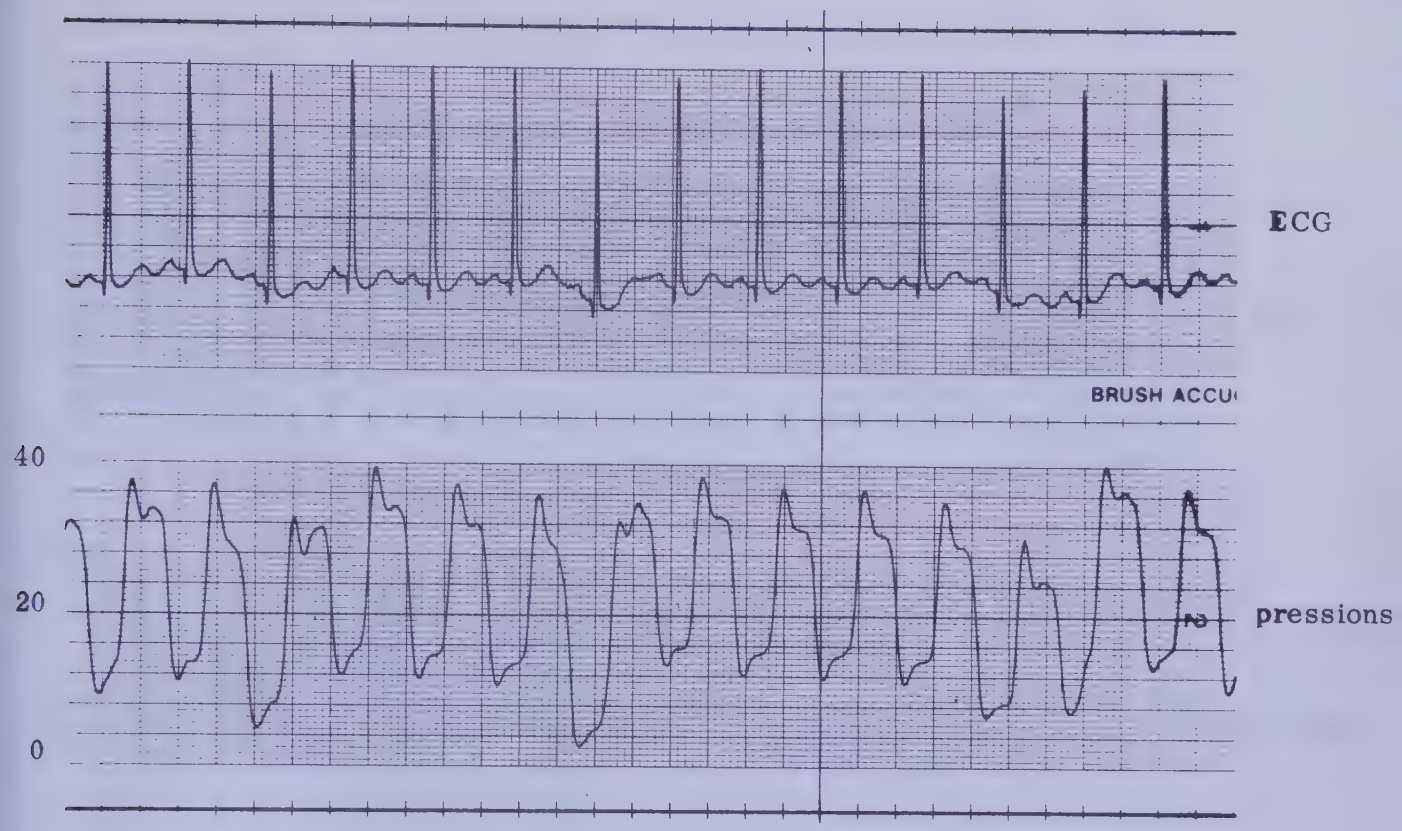
FIGURE I

Enregistrement des pressions dans l'oreillette droite chez un nouveau-né normal

---

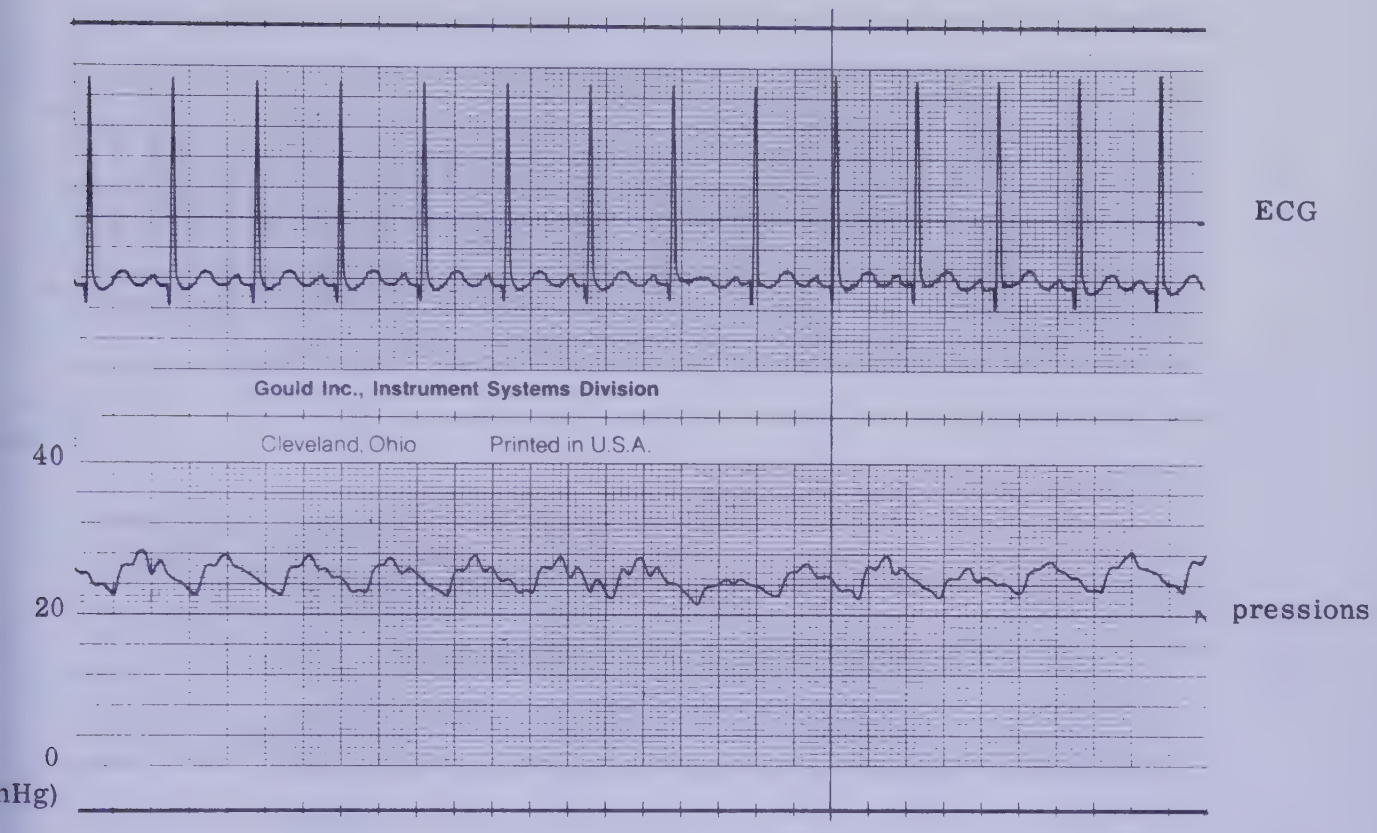
(les oscillations lentes que présentent la courbe sont dues à la respiration)

FIGURE II



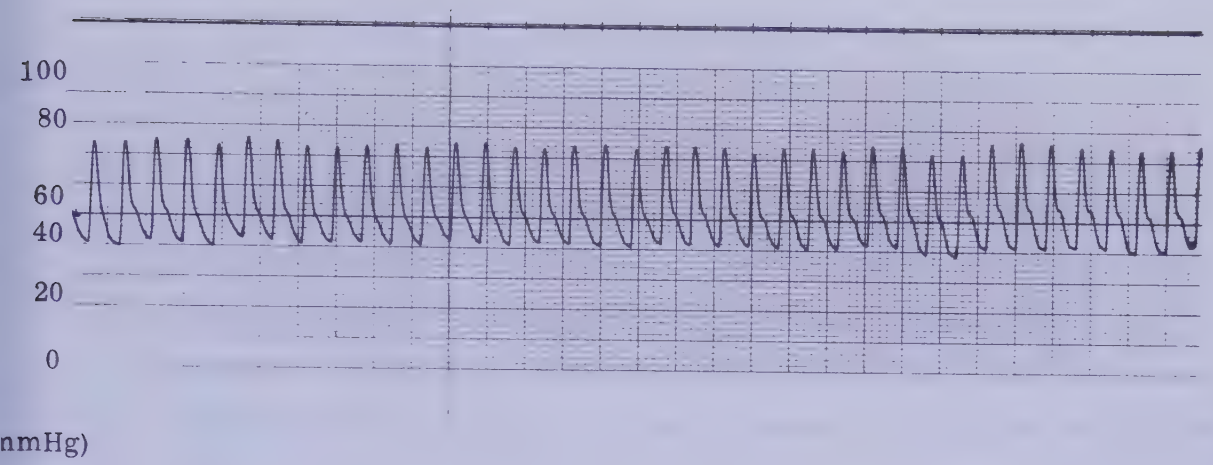
Enregistrement des pressions dans le ventricule droit chez un nouveau-né normal.

FIGURE III



Enregistrement des pressions dans l'artère pulmonaire chez un nouveau-né normal.

FIGURE IV



Enregistrement de la pression artérielle aortique par un catheter ombilical artériel ARGYLE (Fr. 5), en utilisant le même montage que pour le microcathétérisme par voie droite.

Cette technique, dérivée de celle du microcathétérisme par voie veineuse ombilicale, permet de mesurer et de surveiller simplement la pression aortique chez les nouveaux-nés présentant une détresse cardiaque ou respiratoire, et nécessitant des soins intensifs.

A - LES CHIFFRES DE PRESSION PHYSIOLOGIQUE AU COURS DE LA PERIODE NEO-NATALE

1/ Le groupe des sujets témoins : 11 cas

Le cathétérisme de la veine ombilicale était justifié chez ces enfants, soit pour la réalisation d'une exsanguino-transfusion, soit pour une perfusion par voie ombilicale veineuse en vue de corriger des perturbations biologiques importantes (hypo-glycémie, hypocalcémie).
Aucun de ces enfants ne présentait une souffrance néo-natale importante : notamment il n'y avait pas d'acidose marquée, ou de cyanose des extrémités.

Le micro-cathétérisme cardiaque a toujours été pratiqué lorsque les signes pathologiques observés à la naissance, même minimes, avaient disparu. On peut donc considérer que ces enfants constituent un groupe témoin valable.

Leur poids de naissance varie de 2100 à 3800 g. Au moment du cathétérisme, le plus jeune avait 18 heures, le plus âgé 74.

Les résultats des moyennes des chiffres de pression obtenue dans l'oreillette droite, le ventricule droit, l'artère pulmonaire est donné par le tableau I. Pour chaque chiffre, qui correspond à la moyenne, les valeurs extrêmes enregistrées sont représentées entre parenthèses.

Dans la littérature, divers auteurs apportent les valeurs extrêmes de pression qu'ils ont enregistrés chez le nouveau-né.

TABLEAU 1

PRESSIONS (en mm Hg)

	Systolique	Diastolique	Moyenne
Oreillette droite	5 (2, 11)	0 (-4, -3)	2,5 (0, 6)
Ventricule droit	32 (16, 44)	6 (2, 12)	
Artère Pulmonaire	30 (12, 41)	18 (6, 21)	23 (9, 28)

En 1957, ADAMS et LIND publient les chiffres de pression recueillie chez 8 nouveau-nés reconnus normaux sur le plan cardio-vasculaire. Le cathétérisme a été réalisé après dénudation de la veine saphène interne au triangle de Scarpa.

	Pression Systolique en mm Hg	Pression Diastolique
Oreillette Droite	- 4 à 4	- 8 à 2
Ventricule Droit	10 à 50	- 10 à 8
Artère Pulmonaire	16 à 50	0 à 34

En 1957 également, ROWE et JAMES mesusent les pressions dans l'artère pulmonaire de 8 nouveau-nés mongoliens ne présentant pas de signe de malformation cardiaque et cathétérisés par la veine saphène interne au niveau de la crosse.

	Pression Systolique	Pression Diastolique	Pression Moyenne
Artère Pulmonaire	22 à 80	9 à 50	13 à 65

RUDOLPH, en 1961, sur 20 enfants apparemment sains, trouve les chiffres suivants après cathétérisme par la veine ombilicale

ou la saphène interne.

	Pression Systolique	Pression Diastolique	Pression Moyenne
Oreillette Droite			- 3 à 4, 5
Ventricule Droit	33 à 80	- 1 à 6	
Artère Pulmonaire	30 à 68	8 à 42	14 à 49

Cette auteur remarque en outre que les chiffres de pression varient dans le même sens que le poids de naissance, l'âge gestationnel et en sens inverse de l'âge chronologique.

Il note, par ailleurs, que dans un autre groupe d'enfants (9 enfants de mère diabétique) présentant des signes discrets de détresse respiratoire, les pressions recueillies sont du même ordre de grandeur que celles enregistrées chez les 20 enfants sains.

En conclusion, nous remarquons que nos chiffres sont en gros superposables à ceux observés par les autres auteurs. Nous n'avons néanmoins pu faire les mêmes corrélations que RUDOLPH entre les pressions et le poids de naissance, l'âge gestationnel et l'âge chronologique.

Quoiqu'il en soit, ces chiffres de pression sont caractérisés d'une part par leur valeur élevée et d'autre part par de grandes variations d'un cas à l'autre. Ceci peut s'expliquer par l'évolution physiologique des pressions dans les cavités cardiaques dans la période néo-natale.

Evolution des pressions dans les cavités cardiaques au cours de la période néo-natale.

Durant la période foetale, les pressions sont à peu près égales dans le tronc de l'artère pulmonaire et dans l'aorte.

A la naissance, cette situation va se trouver profondément modifiée. Dans le coeur droit, les pressions vont diminuer par suite de l'ouverture du lit vasculaire pulmonaire accompagnant les premiers mouvements respiratoires. Dans le coeur gauche, les pressions vont augmenter en raison de l'exclusion de la circulation placentaire réalisée par le clampage du cordon et par l'afflux de sang arrivant par les veines pulmonaires à l'oreillette gauche ; la valve de VIEUSSENS s'applique sur la communication inter-auriculaire et assure sa fermeture physiologique. Le courant s'inverse dans le canal artériel en raison de la chute de pression qui se produit dans l'artère pulmonaire ; le canal artériel constitue donc la seule communication entre la grande et la petite circulation demeurant perméable dans les heures ou jours suivant la naissance.

On peut, par concéquent, admettre que la situation foetale (pressions égales dans l'artère pulmonaire et l'aorte) persiste chez le nouveau-né aussi longtemps que l'occlusion complète du canal artériel ne sera pas réalisée.

Sa fermeture, d'abord fonctionnelle est due à l'augmentation de la saturation en 02 du sang circulant qui entraîne la contraction de ses fibres musculaires : elle survient le plus souvent dans les 10 à 15 heures après la naissance et va alors séparer complètement la circulation pulmonaire et la circulation systémique.

Dans l'artère pulmonaire, la pression commence à s'écarter des chiffres systémiques entre 2 heures et 4 heures d'âge. (MOSS et coll., 1963).

La pression moyenne dans l'artère pulmonaire dans les 10 premières heures après la naissance est d'environ 40 mm Hg (EMMANOUILIDES 1964) et de 29 mm Hg entre 10 et 54 heures d'âge.

Les chiffres adultes de pression artérielle pulmonaire dont la moyenne est de 16 mm Hg sont atteints en général au bout de 15 jours la chute importante ayant lieu les 2 - 3 premiers jours.

Il existe une variation considérable dans le temps mis à atteindre ces chiffres stables. Cette variation dépend de plusieurs facteurs : moment de fermeture du canal artériel, chiffre de débit sanguin pulmonaire, vitesse de variation de la résistance vasculaire pulmonaire. Celle-ci ne baisse dans un premier temps que peu en-dessous de la valeur de la résistance périphérique.

Il s'installe à travers le canal artériel un petit shunt gauche-droit qui fonctionnerait d'après RUDOLPH, dans les conditions normales, durant 10 à 15 heures.

Puis la résistance vasculaire pulmonaire continue à baisser. Cette chute en deux temps s'explique par la transformation de structure des artérioles pulmonaires, qui essentiellement musculaires, à paroi épaisse et à lumière étroite chez le foetus, vont évoluer vers le type adulte à lumière large et à faible musculature. Cette "maturation" du lit vasculaire pulmonaire, qui a une durée variable selon les espèces, serait chez l'homme de 7 à 10 jours (NEIMANN).

La vitesse de variation de la résistance pulmonaire et le chiffre de débit sanguin pulmonaire sont influencés par l'état métabolique et thermique du nouveau-né et en particulier le taux de sa pa02. (ROWE et MEHRIZI). Ainsi l'hypoxie élève la pression dans l'artère pulmonaire du nouveau-n° (JAMES et ROWE ; MOSS 1964), le clampage tardif du cordon entraîne le même effet (ARCILLA et coll. 1966).

Dans le ventricule droit, la chute de la pression évolue de façon identique.

Dans l'oreillette droite, la pression est influencé dans une large mesure par l'importance de la transfusion placentaire : ainsi les nouveau-nés qui ont eu un clampage tardif du cordon ont des pressions auriculaires droites plus élevées (moyenne : 5,7 mm Hg JEGIER 1963). Des pressions définitives moins élevées s'installent en quelques heures.

Ainsi dans les premiers jours de la vie, les pressions dans les cavités cardiaques droites ne sont pas stables ; les chiffres dépendant de l'âge, exprimé en heures, et de l'état respiratoire de l'enfant.

Les chiffres élevés que nous avons recueillis n'ont donc rien de pathologique. Les variations observées s'expliquent par différents facteurs : poids de naissance, degré de prématurité, âge de l'enfant au moment du cathétérisme.

Il paraît difficile dans ces conditions, de parler de valeurs normales pour les pressions des cavités cardiaques du nouveau-né. On peut tout au plus fixer une marge de variations normales.

Nous reproduisons ci-après les chiffres publiés par RUDOLPH en 1958, acceptés comme normaux dans son service chez le nouveau-né et l'enfant. A côté nous représentons les valeurs normales adultes.

	période néo-natale		Enfant		Adulte	
	S/D	Pm	S/D	Pm	S/D	Pm
Oreillette DROITE		0-3		1-5	3-6/-2+2	1-5
Ventricule DROIT	35-65/1-5		15-30/2-5		25-40/0	
Artère Pulmonaire	35-65/20-40	25-40	15-30/5-10	10-20	25-40/10-15	12-20

S = Pression systolique D = Pression diastolique Pm = Pression moyenne

B - LES CAS PATHOLOGIQUES

1 - Les enfants atteints de détresse respiratoire : Nous avons pu obtenir des enregistrements chez des enfants présentant des troubles respiratoires graves : l'un présentait une maladie des membranes hyalines de type II ayant évolué vers la mort malgré les soins intensifs. Les trois autres présentaient une tachypnée transitoire du nouveau-né, dont l'évolution a été rapidement favorable.

Les chiffres de pression enregistrés sont rapportés dans le tableau II.

	Oreillette Droite		Ventricule Droit		Artère Pulmonaire	
	S/D	Pm	S/D	Pm	S/D	Pm
Maladie des membranes hyalines	6/0	2	27/-2		24/12	17
Tachypnée transitoire du nouveau-né	9/2	6	38/4		34/14	25
- Idem -	10/1	7	46/8		39/15	26
- Idem -	13/5	10	42/7		31/12	21
- Idem -	12/4	9	51/11		43/21	32
- Idem -	16/8	11	53/13		44/29	37
- Idem -	11/3	8	39/6		30/13	22

Dans la littérature, on retrouve des avis divergents : RUDOLPH dans l'étude d'un groupe de 10 enfants présentant une détresse respiratoire sévère, constate que la pression moyenne dans l'artère pulmonaire est inférieure de 10 mm Hg à celle des enfants considérés comme normaux.

Il explique cette constatation par le fait que la plupart des enfants atteints de détresse respiratoire sont des prématurés ; or, on sait que les chiffres des pressions varient dans le même sens que le poids de naissance.

Cependant, les constatations de RUDOLPH ne sont pas partagées par d'autres auteurs : ROWE et JAMES, MOSS après des études cliniques ou expérimentales, déduisent qu'en cas d'hypoxie, la pression dans l'artère pulmonaire augmente ; ce fait peut s'expliquer en partie, par le retour à une circulation de type foetal, induite par l'hypoxie avec shunt gauche-droit par le canal artériel et le trou de Botal. Au contraire, lorsqu'on crée une ambiance d'oxygène pur, la pression dans l'artère pulmonaire baisse.

Les résistances pulmonaires sont très variables pendant les premiers jours de la vie. Elles sont très élevées chez le foetus : les alvéoles sont remplies de liquide pulmonaire, et le débit pulmonaire représente moins de 5 % du débit cardiaque.

Le déplissement des alvéoles induit par les premiers mouvements respiratoires à la naissance, entraîne une diminution des résistances au niveau du lit vasculaire pulmonaire.

En l'absence de détresse respiratoire, et chez le nouveau-né à terme, la décroissance des résistances pulmonaires se fait progressivement du 1er au 10ème jour.

Chez le nouveau-né prématuré, les résistances pulmonaires tendent à rester plus élevées ; toute pathologie pulmonaire (encombrement maladie des membranes hyalines, retard de résorption du liquide pulmonaire) tendant à maintenir les résistances pulmonaires et donc la P VD à un niveau plus élevé.

Les pressions dans le ventricule droit étant proportionnelles aus résistances pulmonaires, le P VD diminue ainsi progressivement du 1er au 10ème jour.

LE MICRO-CATHETERISME PAR VOIE OMBILICALE CHEZ LE NOUVEAU-NE présente donc un intérêt certain dans la surveillance et le pronostic des troubles respiratoires néo-nataux. La constatation d'une P VD élevée est le reflet d'une absence de diminution des résistances pulmonaires, en rapport avec une détresse respiratoire importante. Cet examen prendrait toute sa valeur dans la mesure où le micro-cathétérisme pourrait être répété pendant les premiers jours de la vie. L'absence de diminution progressive de la P VD a plus de valeur que la notion d'une P VD élevée non contrôlée ultérieurement. Cependant, la répétition des micro-cathétérismes pose le problème de la tolérance du micro-cathéter, et du risque de thrombose et d'infection qu'il faut courir au malade, d'autant que celui-ci présente une détresse cardio-respiratoire avec ralentissement circulatoire. Nous n'avons pas retrouvé dans la littérature, de séries importantes faisant état d'une telle répétition des examens.

Le micro-cathétérisme présente un intérêt particulier dans l'une des étiologies les plus courantes des détresses respiratoires néo-natales : la tachypnée transitoire du nouveau-né (TTN) dont l'évolution est habituellement favorable, dans la mesure où les troubles symptomatiques sont corrigés (hypoxie, acidose, hypo-glycémie).

Pour AVERY, la TTN serait dûe à une hypervolémie induisant une hyperpression veineuse centrale, avec retentissement au niveau du ventricule droit et du lit vasculaire pulmonaire. Ce phénomène hémo-dynamique serait la principale cause de retard de résorption du liquide pulmonaire.

Nous rapportons 6 observations de TTN pour lesquelles il faut constater que la pression moyenne dans l'oreillette droite, ainsi que les pressions enregistrées dans le ventricule droit et l'artère pulmonaire, sont au-dessus de la moyenne considérée comme normale.

Nous n'avons pu comparer nos chiffres qu'à une seule observation de membranes hyalines pour laquelle les chiffres de pression sont nettement inférieurs. Cependant, nos résultats viennent étayer l'hypothèse de AVERY et il nous semble particulièrement intéressant de mesurer les pressions de cavité droite par micro-cathétérisme lorsque le diagnostic se pose entre TTN et maladie des membranes hyalines.

L'existence d'une pression veineuse centrale élevée, constitue une indication à la réalisation d'une saignée, dont l'efficacité peut être contrôlée par la surveillance en continu de la pression veineuse centrale dans l'oreillette droite.

Il s'agit là d'une indication particulière du micro-cathétérisme par voie ombilicale chez le nouveau né qui nous semble intéressant à la fois sur le plan diagnostic et thérapeutique.

2 - Enfants atteints de cardiopathie congénitale

Sept nouveau-nés présentant une cardiopathie congénitale ont eu un micro-cathétérisme, qui a précédé la réalisation d'un cathétérisme cardiaque classique avec angio-cardiographie dans 6 cas.

Les Sept cas se répartissent de la façon suivante :

TRANSPOSITION DES GROS VAISSEAUX	2 cas
TRUNCUS ARTERIOSUS avec ventricule Unique	1 cas
STENOSE PULMONAIRE INFUNDIBULAIRE à Septum I. V. intact ...	1 cas
CANAL ARTERIEL MALIN	1 cas
RETOUR VEINEUX PULMONAIRE ANORMAL TOTAL	1 cas
VENTRICULE DROIT A DOUBLE ISSUE	1 cas

Les données cliniques et paracliniques sont résumées dans le TABLEAU III.

L'intérêt du micro-cathétérisme cardiaque par voie ombilicale chez le nouveau-né est très variable selon le type de cardiopathie.

Dans les observations de transposition des gros vaisseaux, de truncus arteriosus avec ventricule unique et de sténose pulmonaire à septum infundibulaire intact, les pressions en oreillette droite et en ventricule droit sont très élevées (de 48 à 82 mm Hg).

Ces pressions élevées ont une valeur plus pronostique que diagnostique et ne permettent pas de différencier l'étiologie, elles traduisent seulement la sévérité de la malformation et constituent un argument supplémentaire pour la réalisation, dans les délais les plus brefs possible d'un cathétérisme cardiaque avec angio-cardiographie.

La signification diagnostic est plus nette dans l'observation de Retour Veineux Pulmonaire Anormal Total, dans laquelle la pression moyenne de l'oreillette droite était de 22 mm Hg. La confrontation de ces chiffres avec les données radiologiques, avait permis d'évoquer le diagnostic de RVPA complet avant le cathétérisme cardiaque. Une saignée effectuée avec contrôle des pressions, avait amené une amélioration transitoire de l'état de l'enfant.

Dans l'observation de canal artériel "malin", l'existence d'une cardio-mégalie importante avec hyper-vascularisation pulmonaire, en l'absence de cyanose, avec une P VD à 91 mm Hg, indiquait l'existence d'un shunt gauche droit à très gros débit, qui à cet âge de la vie, ne peut être qu'un canal artériel "malin". Le cathétérisme a confirmé cette étiologie mais l'enfant est malheureusement décédé avant l'intervention chirurgicale.

La 7ème observation rapportée est celle d'un ventricule droit à double issue, avec sténose de l'artère pulmonaire. Le micro-cathétérisme avait mis en évidence une pression très élevée dans le ventricule droit (P VD = 65 mm Hg). Le diagnostic évoqué avant cathétérisme était celui de transposition des gros vaisseaux. Les prises de pression par micro-cathétérisme ne nous avaient donc renseigné que sur la gravité de la malformation cardiaque.

AU TOTAL, dans quelques observations privilégiées, l'enregistrement des pressions par micro-cathétérisme, apporte un élément supplémentaire à la discussion étiologique basée sur des données cliniques, électro-cardiographiques et radiologiques : c'est le cas notamment du canal artériel "malin" et du RVPA complet.

Dans tous les autres cas, le micro-cathétérisme est intéressant car il permet d'apprécier le retentissement hémo-dynamique de la malformation, même s'il ne fait pas avancer la discussion étiologique.

cas N°	Diagnostic	âge	Données Cliniques	Radiographies	E C G	Cathétérisme
1	transposition des gros vaisseaux	32 h	- cyanose rebelle à l'oxygénothérapie, insuffisance cardiaque	hypervascularisation pulmonaire, étroitesse du hile	- surcharge droite - â QRS = 130°	cathétérisme
2	transposition des gros vaisseaux	21 h	- cyanose rebelle à l'oxygénothérapie - asystolie - souffle systolique latérosternal	hypervascularisation pulmonaire importante cardiomégalie	- surcharge droite - â QRS = + 170° - bloc de branche droit	autopsie
3	Truncus antérious avec ventricule unique	17 h	- cyanose - souffle sytolique de base - asystolie	cardiomégalie hypervascularisation pulmo-	- â QRS = + 180° - bloc de branche droit complet	cathétérisme et autopsie
4	sténose pulmonaire à septum infundibulaire intact	13 h	- cyanose interne ne variant pas après oxygénation à 100 %	hypervascularisation pulmonaire, hypertrophie O. D.	- â QRS = + 150° - hypertrophie auriculaire droite	cathétérisme
5	canal artériel "malin"	5 j.	- asystolie - détresse respiratoire	cardiomégalie importante hypervascularisation pulmonaire	- hypertrophie bi venculaire - bloc de branche droit complet	cathétérisme
6	Retour veineux pulmonaire anormal total	3 j.	- cyanose - asystolie	cardiomégalie congestion veineuse pulmonaire	- â QRS = + 195° - hypertrophie auriculaire droite	cathétérisme
7	ventricule droit à double issue avec sténose de l'artère pulmonaire	4 j.	- cyanose - asystolie débutante	hypervascularisation pulmonaire	- â QRS = + 160°	cathétérisme

En aucun cas, le micro-cathétérisme ne peut remplacer le cathétérisme classique avec angio-cardiographie.

Il faut plutôt le considérer comme une technique complémentaire.

TAUX DE REUSSITE ET INCIDENTS

I - TAUX DE REUSSITE DU MICRO-CATHETERISME PAR LA VEINE OMBILICALE

Dans un certain nombre de cas, les tentatives de micro-cathétérisme par voie ombilicale sont vouées à l'échec parce que la sonde ne franchit pas le canal d'Arantius et reste dans le système porte.

Cependant, nous avons surtout eu des échecs lors des premiers essais et avant que nous utilisions le micro-cathéter PULMOFLEX.

Celui-ci, guidé par la sonde PLASTICATH, nous a donné, depuis son utilisation, un taux de réussite plus satisfaisant, de l'ordre de 70 %.

En fait, lorsque le cathéter bute après avoir été introduit sur une longueur de 8 à 12 cm, nous ne faisons que 2 à 3 tentatives surtout s'il s'agit d'un enfant dont l'état général est altéré.

Dans quelques cas douteux, nous avons cherché à obtenir une preuve radiologique du franchissement du canal d'Arantius par le cathéter ombilical, en remplissant celui-ci par un produit de contraste et en tirant un cliché thoraco-abdominal simple, de face.

Dans la mesure où il s'agissait d'un travail expérimental, en particulier chez les enfants ne présentant pas de troubles cardio-respiratoires, il ne nous a pas paru souhaitable d'effectuer de nombreuses tentatives, quand le micro-cathéter ne passait pas facilement et rapidement dans la veine cave inférieure.

Après réalisation des enregistrements qui sont rapportés dans notre thèse, il nous semble que dans les cas où l'obtention des chiffres de pression des cavités droites est importante pour le diagnostic et le pronostic, un nombre raisonnable de tentatives peut être effectué avant de considérer l'essai comme un échec.

II - INCIDENTS

A - TROUBLES DU RYTHME

Chez l'adulte, GRANDJEAN sur une série de 350 explorations n'a observé que des extra-systoles isolées, peu fréquentes, alors qu'il opérait sur des malades présentant une pathologie cardiaque grave (infarctus, embolies pulmonaires, myocardites). Par contre, il n'a jamais observé de troubles graves du rythme cardiaque et, par opposition au cathétérisme classique dans lequel des arythmies cardiaques graves sont notées dans 2 à 3 % des cas.

Le problème est sensiblement identique chez l'enfant et le nouveau-né, L'apparition de troubles du rythme lors de la réalisation du cathétérisme cardiaque classique, se voie surtout dans les shunt droit-gauche, dans les sténoses pulmonaires, et d'une façon générale lorsque le myocarde est en mauvais état. Le passage d'un cathéter à travers la valvule tricuspide, à travers la valcule mitrale, dans l'infundibulum pulmonaire, déclenche alors avec une fréquence élevée des extra-systoles isolées en salves, voire des troubles plus graves du rythme cardiaque.

Nous n'avons observé, lors de la pratique de nos micro-cathétérismes, que quelques extra-systoles ventriculaires isolées, surtout lors du passage de la sonde à travers la valvule tricuspidienne. Ces extra-systoles n'ont eu aucun retentissement sur la mécanique cardiaque et n'ont nécessité aucun traitement.

Cependant, par mesure de prudence, nous pensons que le micro-cathétérisme par voie ombilicale ne doit être pratiqué que dans un Service très spécialisé, en présence d'une équipe entraînée. La surveillance de la

fréquence cardiaque et de l'électro-cardiogramme sur un oscilloscope doit être permanente.

Un défibrillateur prêt à fonctionner doit être à portée de main ainsi que lors d'un cathétérisme classique.

A la moindre anomalie électrique, il est préférable de retirer la sonde et d'arrêter l'examen, temporairement ou définitivement selon l'état de l'enfant.

B - AUTRES INCIDENTS POSSIBLES

- Le respect d'un protocole d'aseptie rigoureux permet d'éliminer le risque d'incidents infectieux.

- Malgré sa finesse, nous n'avons pas eu à déplorer d'incidents de rupture du micro-cathéter. Il vaut mieux éviter d'enfoncer sur une trop grande longueur le cathéter afin qu'il ne fasse pas de noeuds, au niveau desquels peut se produire la rupture lors d'une traction brutale du cathéter alors que son extrémité distale est accrochée dans un pilier du ventricule droit.

- Le dispositif qui obture l'espace entre la sonde-guide externe et le micro-cathéter permet d'éliminer le risque d'embolie gazeuse.

CONCLUSION

La technique du micro-cathétérisme cardiaque utilisée de façon courante en Réanimation Adulte et dans les Services de Cardiologie Générale et de Pneumologie, peut être appliquée chez le nouveau-né chez lequel elle présente la particularité de pouvoir être réalisée par voie ombilicale veineuse.

Ceci permet d'étendre les possibilités d'investigations hémodynamiques aux nouveaux-nés porteurs d'une malformation cardiaque pour lesquels la réalisation d'un cathétérisme avec angio-cardiographie ne s'impose pas dans l'immédiat ; le micro-cathétérisme, qui permet de mesurer essentiellement les pressions des cavités droites, apporte dans ce cas, non pas tant un élément supplémentaire au diagnostic étiologique, qu'un argument de valeur pronostic, pouvant dans certains cas amener à prendre une décision de cathétérisme avec angio-cardiographie dans des délais rapides. Dans quelques cas privilégiés seulement, la confrontation des données cliniques, radiologiques et électrocardiographiques avec les enregistrements de pressions effectués par micro-cathétérisme, peut faire avancer la discussion étiologique.

Chez les nouveaux-nés présentant une détresse respiratoire, l'intérêt du micro-cathétérisme est encore plus certain.

Cette nouvelle technique permet de mieux comprendre et mesurer le retentissement cardio-vasculaire de la détresse respiratoire. Nos observations ne sont pas assez nombreuses pour conclure, mais nos résultats viennent confirmer l'hypothèse de AVERY qui pense que la tachypnée transitoire du nouveau-né s'accompagne d'une augmentation des pressions dans les cavités droites,alors que chez les nouveaux-nés présentant une maladie des membranes hyalines, les pressions restent normales ou sub-normales.

Dans notre travail, nous avons envisagé les problèmes matériels, en particulier ceux touchant au type de cathéter ; le micro-cathéter PULMOFLEX mis au point à Strasbourg, par WILLARD et MESSER, nous semble particulièrement adapté au nouveau-né.

AU TOTAL, le micro-cathétérisme cardiaque par voie ombilicale chez le nouveau-né ne doit pas être considéré comme une technique de remplacement du cathétérisme classique avec angio-cardiographie, mais plutôt comme une technique complémentaire permettant d'élargir le champ des investigations hémo-dynamiques aux nouveaux-nés présentant un problème cardiaque ou respiratoire, mais ne justifiant pas la réalisation immédiate d'un cathétérisme avec angio-cardiographie.

BIBLIOGRAPHIE

B I B L I O G R A P H I E

-:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-

1.- ADAMS F.H. and LIND J.-
Physiologic studies on the cardiovascular status of normal newborn infants (with special reference to the ductus arteriosus).
Pediatrics, 1957, 19, 431-437.

2.- ARCILLA R.A., OH W., LIND J. and BLACKENSHIP W.-
Portal and atrial pressures in the nexborn period.
Acta paediat. Scand., 1966, 55, 615-625.

3.- BAYER O., LOOGEN F., WOLTER H.H.-
Die Herzkatheterisierung bei angeborenen und erworbenen Herzfehlern.
Georg. Thieme Verlag, Stuttgart, 1967.

4.- BLACK I., MOORE D., CORTES S., and LAMBERT E.C.-
Arterioventricular block as a complication of cardiac catheterization in infants and children.
J. Pediat., 1966, 69, 364-371.

5.- BOIJSEN E. and LUNDSTROM N.R.-
Percutaneous cardiac cathererization and angiocardiography in infants and children.
Am. J. Cardiol., 1968, 22, 572-575.

6.- BONHAM CARTER R.E., BOUND J.P. and SMELLIE J.M.-
Mean venous pressures in the first hours of life.
Lancet, 1956, 2, 1320-1323.

7.- BOUGHARD F.-
Le cathétérisme du coeur dans les cardiopathies congénitales.
Rev. Prat., 1964, 14, 3747-3761.

8.- BRADLEY R.D.-
Diagnostic right heart catheterization with miniature catheters in severely ill patients.
Lancet, 1964, 2, 941-942.

9.- BRICAUD H., BESSE P., SAGARDILUZ J., BAYLAC H. et BROUSTET P.-
Perspectives nouvelles de l'exploration endocavitaire chez le nourrisson.
Arch. Mal. Coeur, 1966, 59, 779-788.

10.- BURNARD E.F., JAMES L.S.-
Atrial pressures and cardiac size in the newborn infant.
J. PEDIAT., 1963, 62, 815-826.

11.- BURNELL R.H.-
Venous pressure in congestive heart failure in infancy.
Arch. Dis. Childh., 1970, 45, 360_362.

12.- CHERRIER F., HUA G., CUILLIERE M. et SCHMIDT C.-
Le catheter flottant. Ses possibilités d'exploration de la petite circulation.
Coeur et Med. Int., 1969, 8, 267-271.

13.- COTTON D. and YOUNG M.-
Venous pressure measurement in exchange transfusion.
Arch. Dis. Childh., 1965, 40, 323-325.

14.- DUNN P.M.-
Localization of the umbilical catheter by post-mortem measurement.
Arch. Dis. Childh., 1966, 41, 69-75.

15.- EMMANOUILIDES G.C., MOSS A.J., and ADAMS F.H.-
The ECG in normal nexborn infants : correlation with hemodynamic observations.
J. PEDIAT., 1965, 67, 578-587.

16.- EMMANOUILIDES G.C., MOSS A.J., DUFFIE E.R., and FORREST H.A.-
Pulmonary arterial pressure changes in human newborn infants from birth to three days of age.
J. Pediat., 1964, 65, 327-333.

17.- FAIVRE G., CHERRIER F., HUA G., et CUILLIERE M.-
L'exploration de la circulation pulmonaire à l'aide d'un cathéter flottant.
Arch. Mal. Coeur, 1968, 61, 921-956.

18.- FYLER D.C.-
Diagnosis and treatment : the salvage of critically ill newborn infants with congenital heart disease.
Pediatrics, 1968, 42, 198-202.

19.- FYLER D.C.-
Cardiac catheterization, cardiac surgery, and the newborn infant 1969.
Pediatrics, 1969, 44, 4.

20.- GRANDJEAN T., HAHN C.-
La mesure continue de la pression artérielle pulmonaire en chirurgie cardiaque.
Cardiologia, 1967, 50, 221_222.

21.- GRANDJEAN T.-
Une microtechnique de cathétérisme cardiaque droit praticable au lit du malade sans contrôle radioscopique.
Cardiologia, 1967, 51, 184_192.

22.- GRANDJEAN T., ENRICO J.F., POLI S., et PERRET C.-
Soins intensifs et surveillance automatique continue de la pression artérielle.
Pr. Med. 1969, 77, 571-574.

23.- HALLER J.A.-
Monitoring of arterial and central venous pressure in infants.
Pediat. Clin. N. Amer., 1969, 16; 637-642.

24.- HUA G.-
L'exploration de la circulation pulmonaire à l'aide d'un cathéter flottant.
Thèse Med. Nancy, 1968.

25.- JAMES L.S. and ROWE R.D.-
The pattern of response of pulmonary and systemic arterial pressures in newborn and older infants to short periods of hypoxia.
J. Pediat., 1957, 51, 5, 11.

26.- JEGIER W., BLANCKENSHIP A. and LIND J.-
Venous pressure in the first hour of life : its relation ships to placental transfusion.
Acta paediat., 1963, 52, 485-496.

27.- JOHNSON D.G.-
Shock and its management.
Pediat. Clin. N. Amer., 1969, 16, 621-636.

28.- KACHANER J., HUAULT G., JOLY J.B., et SAINT MARTIN J.-
Les détresses vitales par cardiopathies congénitales dans les dix premiers jours de la vie. Conduite du diagnostic et indications thérapeutiques à partir de 57 observations.
Arch. Franç. Pediat., 1970, 27, 383-415.

29.- KIN G., FONTAINE G.-
Notre expérience du cathétérisme cardiaque sans fluoroscopie. Matériel et technique. Utilisation des minisondes.
Vie Med., 1968, 49, 683-688.

30.- KIRKPATRICK S.E., TAKAHASHI M., PETRY E.F., STANTON R.E., and LURIE P.R.-
Percutanéous heart catheterization in infants and children : prospective study of results and complications in 127 consecutive cases.
Circulation, 1970, 42, 1049-1056.

31.- KITTERMANN J.A., PHIBBS R.H., TOOLEY W.H.-
Catheterization of umbilical vessels in newborn infants.
Pediat. Clin. N. Amer., 1970, 17, 895-912.

32.- LAMBERT E.C., CANENT R.V. and HOHN A.R.-
Congenital cardiac anomalies in the newborn.
Pediatrics, 1966, 37, 343-351.

33.- LARROCHE J.Cl., BENNOUNN M. et KORN G.-
Incidents et accidents du cathétérisme ombilical artériel et veineux.
Arch. Franç. Pédiat., 1969, 26, 1065-1083.

34.- LINDE L.M., HIGASHINO S.M., BERMAN G., SAPIN S.O., and EMMANOUILIDES G.C.-
Umbilical vessel cardiac catheterization and angiocardiography.
Circulation, 1966, 34, 984-988.

35.- LUCAS R.V., GEME J.W., ANDERSON R.C., ADAMS P. and FERGUSON D.J.-
Maturation of the pulmonary vascular bed. A physiologic and anatomic correlation in infants and children.
Amer. J. Dis. Child., 1961, 101, 467-475.

36.- LUCET Ph., MERCIER J.N., ALISON P., KALMASON D.-
A propos de 4 cas de sténose tricuspidienne avec atrésie ou sténose pulmonaire et hypoplasie du ventricule droit.
Arch. Mal. Coeur, 1962, 10, 1146-1159.

37.- MEUNIER-CARUS J., LONDSNORFER J., OTTENI J.C. et BENIGNUS E.-
Conditions et apports du cathétérisme cardiaque droit flotté chez les insuffisants respiratoires.
Stras. Med., 1969, 20, 638-651.

38.- MOSS A.J., and DUFFIE E.R.-
Congestive heart failure in infancy : significance of the venous pressure.
J. Pédiat., 1962, 60, 346-351.

39.- MOSS A.J., EMMANOUILIDES C.G. and DUFFIE E.R.-
Closure of the ductus arteriosus in the newborn infant.
Pediatrics, 1963, 32, 25-30.

40.- MOSS A.J., DUFFIE E.R., EMMANOUILIDES G.C.-
Blood pressure and vasomotor reflexes in the newborn infant.
Pediatrics, 1963, 32, 175-179.

41.- MOSS A.J., EMMANOUILIDES G.C., ADAMS F.H., KATOK CHUANG.-
Response of ductus arteriosus and pulmonary and systemic arterial pressure to changes in oxygen environment in newborn infants.
Pediatrics, 1964, 937-944.

42.- MOTTE G., COUMEL Ph., GOURGON R., et WAYNBERGER M.-
Intérêt et limites des méthodes de microcathétérisme en pratique cardiologique.
Ann. Med. Interne, 1969, 120, 495-505.

43.- NEIMANN N., PERNOT C., et PREVOT J.-
Les aspects chirurgicaux des détresses néo-natales.
XXIIe Congrès Assoc. Pédiat. Langue Franç., vol 2, 269-399, Paris, Expansion Scientifique, 1969.

44.- ROBILLARD M., et BROUET G.-
Intérêt de la mesure continue de la pression artérielle pulmonaire en réanimation respiratoire.
Rev. Prat., 1971, 21, 409-421.

45.- ROWE R.D. and JAMES L.S.-
The normal pulmonary arterial pressure during the first year of life.
J. Pediat., 1957, 51, 1-4.

46.- ROWE R.D., MEHRIZI A.-
The neonate with congenital heart disease.
Philadelphie - Londres, Saunders, 1968.

47.- ROWE M.I. and ARCILLA R.-
Hemodynamic adaptation of the newborn to hemorrhage.
J. Pediat. Surg., 1968, 3, 278-285.

48.- RUDOLPH A.M.-
The changes in the circulation after birth : their importance in congenital heart disease.
Circulation 1970, 41, 343-359.

49.- RUDOLPH A.M., CAYLER G.G.-
Cardiac catheterization in infants and children.
Pediat. Clin. N. Amer., 1958, 5, 907-943.

50.- RUDOLPH A.M., DRORBAUGH J.E., AULD P.A.M., RUDOLPH A.J., NADAS A.J., SMITH C.A. and HUBBEL J.P.-
Studies on the circulation in the neo-natal période : the circulation in the respiratory distress syndrome.
Pediatrics, 1961, 27, 551-566.

51.- RUDOLPH A.M., AULD P.A.M., GOLINKO R.J., and PAUL M.H.-
Pulmonary vascular adjustments in the neonatal period.
Pediatrics, 1961, 28, 28-34.

52.- SAPIN S.O., LINDE L.M., EMMANOUILIDES G.C.-
Umbilical vessel angiocardiography in the infant.
Pediatrics, 1963, 31, 946-951.

53.- SARRUT S., ALAIN J., ALISON F.-
Les complications précoces de la perfusion par voie ombilicale chez le Prématuré
Arch. Franç. Pédiat., 1969, 26, 651-667.

54.- SHAMS A., FOWLER R.S., TRUSLER G.A., KEITH J.D. and MUSTARD W.T.-
Pulmonary atresia with intact ventricular septum. Report of 50 cases.
Pediatrics, 1971, 47, 370-377.

55.- SIMOVITCH H., HOHN A.R., WAGNER H.A., VLAD P., SUBRAMANIAN S. and LAMBERT E.C.-
Percutaneous right and left heart catheterization in children. Experience with 1000 patients.
Circulation, 1970, 41, 513-517.

56.- TAKAHASHI M., PETRY E.L., LURIE P.R., KIRKPATRICK S.E. and STANTON R.E.-
Percutaneous heart catheterization in infants and children : catheter placement and manipulation with guide wires.
Circulation, 1970, 42, 1037-1048.

57.- THIBERT M., JEUNE M., NOUILLE L.-
Cathetérisme par voie droite chez le nourrisson (étude de 360 observations).
Arch. Mal. Coeur, 1965, 58, 1761-1788.

58.- THIBERT M., CAMUS L., SIMON G. et NOUAILLE J.-
Les troubles du rythme au cours des examens endocardiaques chez le nourrisson et le jeune enfant.
Arch. Mal. Coeur, 1970, 63, 1728-1744.

59.- VARGHESE P.J., CELERMAJER J., IZUKAWA T., HALLER J.A. Jr., ROWE R.D.-
Cardiac catheterization in the newborn : experience with 100 cases.
Pediatrics 1969, 44, 24-29.

60.- VIART P., BLUM D., GALLEZ A.-
La technique du micro-cathetérisme du coeur droit appliquée au nouveau-né, au nourrisson et à l'enfant.
Helv. Pediatr. Acta, 1971, 26, 429-436.

61.- WATSON H.-
Paediatric cardiology.
London, Lloyd-Luke, 1968.

62.- WIGGER H.J. and BLANC W.-
Thromboses due to catheterization in infants an children.
J. Pediat., 1970, 76, I-II.

63.- WILLARD D., SACREZ R., MESSER J., FREYSZ H.-
Le micro-cathétérisme par voie ombilicale chez le nouveau-né.
Ann. Pédiat., 1972, 19, n°1, 53-58.

64.- YOUNG M. and COTTOM D.-
Arterial and venous blood pressure responses during a reduction in blood volume and hypoxia and hypercapnia in infants during the first two days of life.
Pediatrics, 1966, 37, 733-742.

65.- ZIMMERMANN H.A.-
Intra-vascular catheterization.
Springfield - Illinois, Ch. C. Thomas, 1966.

Vu le Doyen de la Faculté
de Médecine Saint-Antoine

Professeur J. LOYGUE

Vu le Président du Jury

Professeur H. LESTRADET

Vu et permis d'imprimer

Le Recteur de l'Académie de Paris.